

**PRARANCANGAN PABRIK  
ETIL TERT BUTIL ETER DARI ETANOL DAN ISOBUTENA  
DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik

Oleh :

**SIDIQ ADY PRASETYO**

**D500 120 048**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2017**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PRARANCANGAN PABRIK  
ETIL TERT BUTIL ETER DARI ETANOL DAN ISOBUTENA  
DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

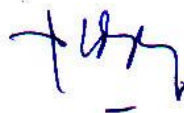
**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh :

**SIDIQ ADY PRASETYO**  
**D 500 120 048**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen  
Pembimbing



**Ir. Nur Hidayati, M. T., Ph.D**  
**NIK. 975**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PRARANCANGAN PABRIK  
ETIL TERT BUTIL ETER DARI ETANOL DAN ISOBUTENA  
DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

Oleh :


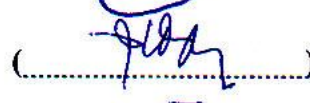
**SIDIQ ADY PRASETYO**

**D 500 120 048**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Rabu, 11 Oktober 2017  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji :**

- 1. Dr. Ir Ahmad M. Fuadi  
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Emi Erawati, S.T., M.Eng  
(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. Ir. Nur Hidayati, M. T., Ph.D  
(Anggota II Dewan Penguji)**

()  
()  
()



**Dekan Fakultas Teknik**

**Ir. Sri Sunartono, M.T., Ph.D.**

**NIK. 682**

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, Nopember 2017

Penulis



**SIDIQ ADY PRASETYO**

**D 500 120 048**

**PRARANCANGAN PABRIK  
ETIL TERT BUTIL ETER DARI ETANOL DAN ISOBUTENA  
DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

**ABSTRAK**

Pabrik Etil Tersier Butil Eter (ETBE) dari isobutena dan etanol dengan kapasitas 50.000 ton/tahun dirancang untuk beroperasi selama 330 hari/tahun. ETBE yang dihasilkan memiliki kemurnian sebesar 96% dan bahan bakunya berupa 3522 kg/jam isobutena dan 2889 kg/jam etanol. Berdasarkan tinjauan kondisi operasi, pemilihan bahan baku dan jenis produk, maka pabrik ini tergolong pabrik beresiko rendah. Secara umum, proses pembuatan ETBE dari bahan baku berupa isobutena dan etanol terdiri dari 2 proses utama yaitu, proses reaksi antara isobutena dan etanol, dan proses pemisahan antara ETBE dan campuran C4 sisa. Proses reaksi dilakukan dalam reaktor *fixed bed* pada tekanan 10 atm dan suhu 68°C dengan katalis *Amberlyst 15*, dan proses pemisahan terjadi pada menara distilasi pada suhu 68°C dan tekanan 1 atm untuk memisahkan 6660,35 kg/jam ETBE dengan 256,75 kg/jam campuran etanol.

Pabrik ini direncanakan akan didirikan di Cilegon, Banten. Bentuk perusahaan yang digunakan adalah Perseroan Terbatas (PT). Sistem kerja yang diberlakukan di dalam pabrik berupa sistem *shift* dan *non shift* dengan mempekerjakan 450 orang karyawan. Untuk mendukung proses, pada utilitas dibutuhkan *steam* sebanyak 385,38 kg/jam, air pendingin sebanyak 2.046.755,81kg/jam, kebutuhan listrik 51,4533 kW, dan sisanya oleh PLN, unit udara tekan sebanyak 178,11 m<sup>3</sup>/jam.

Keuntungan sebelum pajak Rp 387.889.050.057 dan keuntungan sesudah pajak Rp 310.311.240.046. Dari hasil perhitungan diperoleh *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 66%, sesudah pajak 52%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 1,5238 tahun, sesudah pajak 1,6000 tahun. *Break Even Point* 33,48%, *Shut Down Point* 20,05% dan *Discounted Cash Flow Rate Of Return* 25,05%. Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi ekonomi tersebut, maka pabrik ETBE dengan produksi sebesar 50.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

**Kata kunci:** Etil Tersier Butil Eter, *Amberlyst 15*, *fixed bed*.

**ABSTRACT**

*Ethyl Tert Butyl Ether plant from isobutylene and ethanol is designed in capacity of 50,000 tons per year and operates 330 days/year. The product is ETBE with 96% purity. The raw materials are 3522 kg/hr of Isobutylene and 2889 kg/hr of Ethanol. Based on operating conditions, raw material selection and product type, the plant is low risk. In general, the process of manufacturing of ETBE from isobutylene and ethanol consists of two main processes, the reaction process between isobutylene and ethanol, and separation process of ETBE and C4 mixture. The reaction of ETBE from isobutylene and ethanol in the adiabatic fixed bed reactor with catalyst Amberlyst*

15 performed at 10 atm and 68°C, and the separation process performed in distillation tower at 1 atm to separate 6660,35 kg/hr of ETBE and 256,75 kg/hr of C4 mixture.

The plant will be established in Cilegon, Banten. The form of company used is Limited Liability Company (PT). Working system applied in the factory in the form of shift and non shift system by employing 450 employees. To support the process, the utility required a lot of steam 385.38 kg hour, cooling water as much as 2.046.755,81 kg/hour, electricity needs 51.4533 kW, and the rest by PLN, air compressed unit as much as 178.11 m<sup>3</sup>/hour.

Fixed capital is about Rp 387.889.050.057 and working capital is Rp 310.311.240.046. From the calculation of Return on Investment (ROI) before taxes is 66 % and after tax is 52 %. Pay Out Time (POT) before tax is 1,5238 years and 1,6000 years after tax. Break Even Point is 33,48%, Shut Down Point is 20,05% and Discounted Cash Flow Rate Of Return is 25.05%. Based on economic evaluations, so ETBE in capacity of 50,000 tons/year is profitable and reasonable to build.

Keywords: *Ethyl Tert Butyl Ether, Amberlyst 15, fixed bed.*

## **1 PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan industri kendaraan bermotor dilakukan dalam rangka meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar minyak menggunakan teknologi injeksi. Sebagian besar kendaraan bermotor yang terdapat di Indonesia mengkonsumsi BBM dalam bentuk bensin. Hal ini menyebabkan konsumsi bensin Indonesia saat ini mencapai sekitar 75 juta barel tiap tahunnya (BPS, 2016). Selain besarnya jumlah BBM yang harus tersedia untuk memenuhi kebutuhan tersebut, diperlukan pula peningkatan kualitas BBM yang dikonsumsi. Rendahnya kualitas BBM bisa menyebabkan ketidaksempurnaan pembakaran yang berakibat pada borosnya konsumsi BBM dan timbulnya polusi udara. Salah satu besaran penting yang menentukan kualitas BBM jenis bensin adalah besarnya bilangan oktan. Bilangan oktan merupakan suatu besaran yang menggambarkan kemudahan bensin untuk terbakar di dalam mesin.

Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan penambahan bahan (aditif) pada bensin yang dapat meningkatkan bilangan oktan dan kandungan oksigennya. ETBE (*Etil Tersier Butil Eter*) merupakan salah satu dari eter komersial yang digunakan sebagai zat aditif untuk meningkatkan kualitas bensin melalui peningkatan bilangan oktan dan kandungan oksigennya. ETBE merupakan salah satu

senyawa oksigenat jenis eter yang dapat dijadikan sebagai zat aditif untuk meningkatkan bilangan oktan.

Alasan pendirian pabrik etil tersier butil eter ini diharapkan dapat membuka lapangan pekerjaan baru, sehingga dapat menurunkan angka pengangguran di Indonesia, menghemat devisa negara, mengurangi beban impor, serta pabrik butil metakrilat di Indonesia belum ada yang berdiri.

## **1.2 Kapasitas Perancangan**

Dalam pendirian pabrik etil tersier butil eter di Indonesia akan direncanakan pada tahun 2022. Penentuan kapasitas rancangan pabrik etil tersier butil eter diperlukan beberapa pertimbangan, salah satunya adalah perkiraan kebutuhan etil tersier butil eter di Indonesia serta kapasitas pabrik yang telah berdiri.

### **1.2.1 Kebutuhan Butil Metakrilat**

Kapasitas pendirian pabrik etil tersier butil eter didasarkan pada kebutuhan impor etil tersier butil eter di Indonesia yang berasal dari negara lain. Kebutuhan etil tersier butil eter di Indonesia dari tahun ke tahun terus meningkat.

Tabel 1. Kebutuhan impor etil tersier butil eter di Indonesia (BPS, 2016).

Tahun	Impor (ton/tahun)
2012	1.618,898
2013	1.071,862
2014	1.849,562
2015	1.727,224
2016	1.335,001

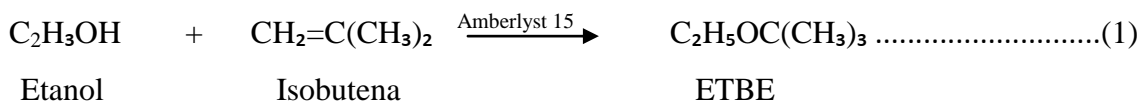
## **1.3 Pemilihan Lokasi**

Lokasi dari suatu pabrik sangat mempengaruhi kedudukan pabrik tersebut dalam persaingan dari sebuah pabrik. Pemilihan lokasi pabrik yang tepat, dan menguntungkan dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya adalah tersedianya bahan baku, pemasaran, tersedianya tenaga kerja, air, iklim, kebijakan pemerintah, serta sarana penunjang lainnya.

## 2 DESKRIPSI PROSES

### 2.1 Konsep Proses

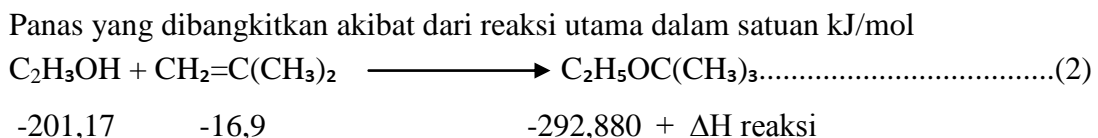
Etil tersier butil eter disintesis dengan menggunakan reaksi esterifikasi sebagai berikut ini (Fauconet *et al.*, 1996).



Pada reaksi esterifikasi pembuatan ETBE umpan berupa etanol dan isobutena masuk dalam reaktor *fixed bed multitube* yang dirangkai pada posisi vertikal sehingga umpan masuk dari ujung reaktor. Reaksi terjadi selama umpan berada dalam *tube* yang didalamnya terdapat katalis amberlyst 15 (Halim dan Mohammad, 2010).

### 2.2 Tinjauan Termodinamika

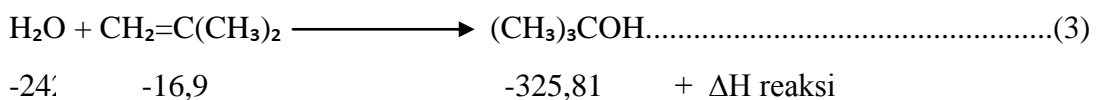
Panas yang dibangkitkan akibat reaksi pembentukan produk dalam reaktor terjadi pada dua kondisi yaitu panas yang dibangkitkan akibat reaksi produk utama dan panas yang dibangkitkan akibat reaksi samping. Dimana jumlah panas yang dibangkitkan tergantung jumlah umpan yang bereaksi menghasilkan produk utama. Panas pembentukan masing masing reaksi adalah sebagai berikut (Adamas, 1986).



$$\Delta H \text{ reaksi} = (201,17 + 16) - 292,88$$

Sehingga diperoleh Panas reaksi sebesar -74,81 kJ/mol

Panas yang dibangkitkan akibat dari reaksi samping



$$\Delta H \text{ reaksi} = (242 + 16,9) - 325,81$$

Sehingga diperoleh Panas reaksi sebesar -66,91 kJ/mol

Karena panas reaksi negatif maka reaksi bersifat mengeluarkan panas atau eksotermis. Dimana jumlah panas yang harus dikeluarkan tergantung jumlah mol umpan yang bereaksi untuk masing masing reaksi (Ricardo, 1995).



## 2.3 Alur Proses

Proses pembuatan ETBE.

Proses produksi ETBE menggunakan dua prinsip proses yaitu reaksi dan pemisahan. Reaksi terjadi pada semua teknologi proses sebagai akibat isothermal fixed bed dari katalis yang ditambahkan ke dalam reaktor. Reaksi yang terjadi pada produksi ETBE dari 2-metilpropen dan etanol dapat dilihat sebagai berikut



Proses produksi ETBE mula-mula dilakukan dengan cara menambahkan bahan baku fraksi C<sub>4</sub> bersama dengan larutan etanol (kemurnian >99,8%) ke dalam reaktor. Umpan campuran C<sub>4</sub> sebanyak 7869,424 kg/jam dan etanol sebanyak 2889,74 kg/jam diatur suhu dan tekanannya menjadi 68 °C dan 10 atm, sesuai dengan suhu operasi reaktor. Lalu umpan masuk ke reaktor fixed bed adiabatic yang dilengkapi dengan katalis berupa *amberliyst 15*. Kemudian akan terjadi reaksi antara C<sub>4</sub> dan etanol yang membentuk ETBE dan pada reaktor juga terdapat TBA, etanol, dan 2-metilpropen yang tidak bereaksi serta komponen inert dari fraksi C<sub>4</sub>. ETBE akan dipisahkan dari komponen lainnya dengan proses pemisahan yang berlangsung pada kolom destilasi.

Setelah itu, produk hasil dari reaktor kemudian dimasukkan ke Menara Destilasi-140 (D-140) guna meningkatkan kemurnian ETBE sebagai hasil bawah yang kemudian disimpan didalam tangki penyimpanan, dan memisahkan campuran C<sub>4</sub> sisa, etanol sisa. Kemudian hasil atas masuk ke Menara Destilasi-150 (D-150) dan TBA sebagai hasil atas yang kemudian disimpan didalam tangki penyimpanan dengan kemurnian hingga 96 %. Hasil bawa didaur ulang ke mixer.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 SPESIFIKASI PERALATAN PROSES

#### 3.1.1 Mixer

Kode	: M 120
Fungsi	: Mencampurkan Etanol dengan air proses untuk mencapai kemurnian etanol masuk reaktor 98%.

Jenis	: Tangki dilengkapi dengan pengaduk.
Spesifikasi	
a. Tekanan	: 101,3 kPa
b. Suhu	: 30°C
c. Volume	: 31,7111 m <sup>3</sup>
d. Panjang	: 1,3281 m
e. Diameter	: 2,39 m
f. Tebal <i>Head</i>	: 0,0051 m
g. Tebal <i>Shell</i>	: 0,0051 m
h. Jumlah Pengaduk	: 1
i. Kecepatan	: 40,1457 rpm
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: <i>Carbon Steel</i>
Daya Montor	: 2,5 Hp
Harga alat	: US \$ 38.948,84

### 3.1.2 Reaktor

Kode	: R 130
Fungsi	: Mereaksikan etanol dengan isobutena untuk menghasilkan produk ETBE.
Jenis	: <i>Fixed bed multi tube</i>
Spesifikasi	
Tekanan	: 71,0092 kPa
Suhu	: 65°C
Volume	: 6,4495 m <sup>3</sup>
Panjang <i>tube</i>	: 7,580 m
Diameter <i>tube</i>	: 0,0129 m
Tebal <i>tube</i>	: 0,061 m
Panjang <i>Shell</i>	: 9,3816 m
Diametr <i>Shell</i>	: 0,8607 m

Tebal <i>Shell</i>	: 0,0068 m
Tebal <i>Head</i>	: 0,0067 m
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: <i>Stainless steel SGA24</i>
Harga alat	: US \$ 265.914,603

### 3.1.3 Menara Distilasi 140

Kode	: D 140
Fungsi	: Memisahkan Produk
Jenis	: <i>Plate tower</i> (menara distilasi dengan <i>Sieve Tray</i> )
Spesifikasi	
Tekanan	: 608,1125 kPa
Panjang	: 4,6903 m
Diameter	: 0,9720 m
Tebal <i>Head</i>	: 0,0040 m
Tebal <i>Shell</i>	: 0,0041 m
Jumlah <i>Plate</i>	: 6
Jumlah	: 1
Bahan	: <i>Stainless Steel SA 285</i>
Harga alat	: US \$ 146.647,8528

### 3.1.4 Menara Distilasi 150

Kode	: D 150
Fungsi	: Memisahkan produk samping TBA yang Terkandung dalam produk
Jenis	: <i>Plate tower</i> (menara distilasi dengan <i>Sieve Tray</i> )
Spesifikasi	
Tekanan	: 121,6225 kPa
Panjang	: 5,1780 m

Diameter	: 0,9444 m
Tebal <i>Head</i>	: 0,0040 m
Tebal <i>Shell</i>	: 0,0047 m
Jumlah <i>Plate</i>	: 7
Jumlah	: 1
Bahan	: <i>Stainless Steel SA 285</i>
Harga alat	: US \$ 146.647,8528

### 3.2 UTILITAS DAN LABORATORIUM

Unit utilitas merupakan unit pendukung proses yang menunjang kebutuhan proses berupa air, *steam*, listrik, udara tekan, dan bahan bakar. Unit utilitas menyediakan kebutuhan proses berupa air sebanyak 44.823,95 kg/jam, *steam* sebanyak 83,24 kg/jam, listrik sebesar 2.105,47 kW yang akan disediakan oleh *generator* sebanyak 882,05 kW dan sisanya oleh PLN, udara tekan sebesar 50 m<sup>3</sup>/jam, dan bahan bakar berupa solar sebanyak 104,4 L/jam.

### 3.3 MANAJEMEN PERUSAHAAN

Pabrik ETBE ini menggunakan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) yang direncanakan berlokasi di kawasan industri Cilegon dengan jumlah karyawan 450 orang.

### 3.4 ANALISIS EKONOMI

Modal tetap pabrik ini sebesar Rp 580.527.897.347 dan modal kerja sebesar Rp 248.797.670.292. Dari analisis ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan keuntungan sebelum pajak Rp 387.889.050.057 per tahun, kemudian keuntungan setelah pajak mencapai Rp 310.311.240.046 per tahun. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 66% dan setelah pajak 52%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 1,52 tahun dan setelah pajak 1,60 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 33,48%. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 20,05%.

## 4. PENUTUP

Analisa kelayakan ekonomi yang dilakukan pada pabrik etbe meliputi:

- 1) Keuntungan sebelum pajak = Rp 387.889.050.057

Keuntungan sesudah pajak	= Rp 310.311.240.046
2) <i>Return of Investment</i> (ROI) sebelum pajak	= 66%
<i>Return of Investment</i> (ROI) sesudah pajak	= 52%
3) <i>Pay Out Time</i> (POT) sebelum pajak	= 1,52 tahun
<i>Pay Out Time</i> (POT) sesudah pajak	= 1,60 tahun
4) <i>Break Even Point</i> (BEP)	= 33,48%
5) <i>Shut Down Point</i> (SDP)	= 20,05%

Berdasarkan analisa kelayakan ekonomi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pabrik etil tersier butil eter dengan porses esterifikasi dengan kapasitas 50.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adams J. M., Martin K., Mc. Cabe R. W. Dan Murray S., 1986 "Ethyl t-butyl Ether(ETBE) Production", Journal of Chays and Chay vol. 34 no. 35, Amerika
- Badan Pusat Statistik. 2016. <http://bps.go.id>. Diakses pada tanggal 10 Nopember 2016
- Halim Hamid dan Mohammad Asharaf Ali, 2010 "Handbook of ETBE and other gasoline oxygenates", Research institute king Fahd University of petroleum and minerals, Dhahran, Saudi Arabia
- Ricardo. L. Piccoli, 1995, "Kinetic and Thermodinamynamic Study of the Liquid Phase Etherification of isoamylenes with Metanol", Ind. Eng. Chem. Res, Brazil